

Relación entre la variación de temperatura y la viscosidad.

Monografía
de Física NS.

Iván Santiago Armijos Arévalo
Bachillerato Internacional
Código: dcp974 (003172 -048)
3246 palabras.

Resumen:

En esta práctica, pretendo observar el comportamiento de un fluido, concretamente de su viscosidad, ante la variación de temperatura. Teniendo en cuenta que la velocidad límite de caída de un objeto dentro de un fluido es indirectamente proporcional a su viscosidad, observare en primera instancia, cómo varía la velocidad límite según la temperatura del fluido, a partir de esto me serviré de los datos obtenidos para calcular la viscosidad a cada temperatura y su relación. Para todo ello, me sirvo de un montaje experimental en el cual, para un mismo fluido a 5 temperaturas distintas, lanzo una esfera, contabilizando el tiempo que esta recorre en un espacio determinado, una vez que se mueva con MRU. Después de haber tomado los datos pertinentes y realizar el cálculo de la velocidad límite y, a partir de esta, de la viscosidad, observo cuales son las relaciones entre temperatura-velocidad límite y temperatura-viscosidad.

Una vez finalizada la parte práctica, obtengo los resultados y concluyo que lo conjeturado inicialmente es correcto: la temperatura es inversamente proporcional a la viscosidad.

Índice:

	Página
Introducción:	4
Objetivo e hipótesis:	6
Conocimientos previos:	6-7
Experimentación:	
- Planteamiento:	8-9
- Datos Brutos:	10-11
- Procesamiento Datos:	11-13
- Presentación datos:	14-17
Conclusiones:	18
Bibliografía:	19

Introducción:

En esta monografía trataremos de observar la relación entre la temperatura de un fluido y cómo afecta la variación de la misma en su viscosidad, y por tanto en su velocidad límite. Para ello realizaremos un montaje experimental, el cual consiste en un tubo de ensayo que iremos llenando con un determinado fluido, al cual variaremos su temperatura y mediremos la velocidad de caída de un objeto en su interior, a fin de observar los cambios de velocidad límite de caída en el fluido respecto a su temperatura.

En primer lugar, hay que tener en cuenta que usaremos conocimientos físicos para interpretar nuestros datos experimentales. La caída de un cuerpo en un fluido es una fuente de interés común desde hace siglos atrás, cuando el matemático de la antigua Grecia, Arquímedes, empezó a realizar experimentaciones con fluidos; en principio comenzó estas investigaciones instigado por la curiosidad de saber el volumen de un objeto irregular sin deformarlo, fue cuando se dio cuenta que al introducir un cuerpo en un fluido, el volumen del fluido aumenta, pues se le añade el volumen del cuerpo. Fue así como se empezó a desarrollar la mecánica de fluidos, pues Arquímedes fue el investigador que más postulados acerca del

tema nos propició. Uno de los más significativos fue el denominado principio de Arquímedes, que dice: todo cuerpo, total o parcialmente introducido en un fluido, presenta un empuje vertical hacia arriba igual al peso del fluido desplazado por el cuerpo, luego el empuje viene dado por la siguiente fórmula:

$$E = m \cdot g = d_f \cdot V_c \cdot g$$

Donde d_f es la densidad del fluido, V_c el volumen del cuerpo introducido y g la gravedad de la Tierra. En la *figura 1* se puede observar un diagrama de las fuerzas actuantes en un objeto en caída dentro de un fluido.

El empuje, como toda fuerza, tiene carácter vectorial (aplicado en el centro del fluido desplazado por el cuerpo) y se mide en Newton.

Es por ello que un cuerpo que cae dentro de un fluido lo hace más lentamente que un objeto en el vacío, pues en el vacío no hay empuje. Aunque en los fluidos también encontramos rozamientos, concretamente, el rozamiento que provoca un fluido a un cuerpo o sustancia en su interior se denomina viscosidad.

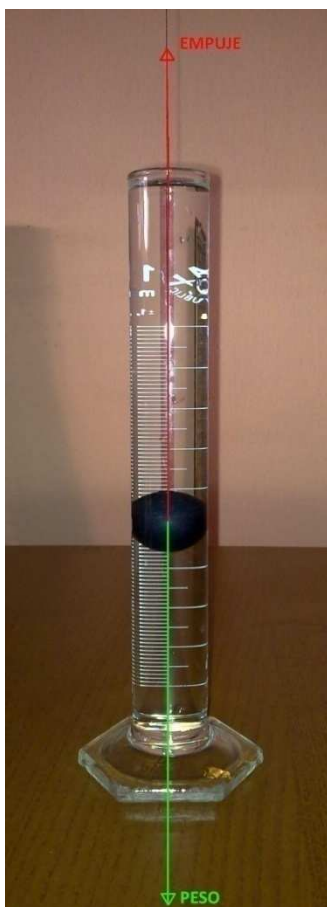


Figura 1. Apreciamos las fuerzas actuantes en un objeto que cae libremente dentro de una probeta rellena de agua.

Fuentes: *Elaboración propia.*

La viscosidad es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales. Un fluido puede ir referido tanto a un gas como a un líquido. Todo fluido tiene un cierto grado, por muy pequeño que sea, de viscosidad, pues es una característica propia de ellos. Para explicarla, nos basaremos en un ejemplo práctico. La viscosidad aparece cuando la fuerza superficial aplicada a un sistema, ya sea un sólido o un fluido, tanto líquido como gaseoso, empieza a desplazar las capas más superficiales del mismo. Cuanto mayor sea la viscosidad de un fluido, la resistencia que muestra éste a una fuerza externa es mayor. Es por ello que a medida que aumentamos la presión ejercida sobre un sistema, como por ejemplo el de abajo (obsérvese *figura 2*), la inclinación de la vertical producida por las subdivisiones del sistema es mayor. Si la fuerza que ejerciéramos sobre la superficie fuese menor, la inclinación X de las subdivisiones sería menor.

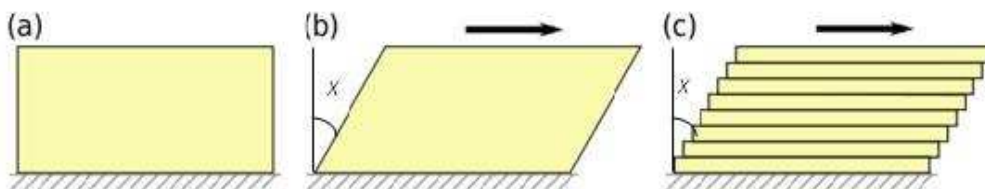


Figura 2. Suponiendo un sistema (a), dividido en secciones, una vez aplicada sobre su superficie una fuerza tangencial, a medida que aumente el valor de esta fuerza aplicada, el ángulo X aumenta. Se dice que aumenta la viscosidad de este sistema, pues las capas más alejadas de la superficie se resienten más a medida que se incrementa la fuerza aplicada.

Fuentes:

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:S%C3%B3lido_deformaci%C3%B3n_tangencial.png

Los líquidos, presentan mucha mayor viscosidad que los gases, por lo que tienen índices de viscosidad mucho más altos. En principio, el principio de viscosidad en líquidos viene dado por la interacción molecular entre las moléculas que forman el líquido. Y, dada la dilatación térmica, las moléculas se dilatan, luego encontraríamos mayor separación entre ellas y menor oposición al movimiento de caída del objeto; luego, a mayor temperatura, debería de disminuir la viscosidad, al disminuir la viscosidad, aumentara la velocidad, luego velocidad y temperatura serían directamente proporcionales.

Observamos, que, son 3 en total las fuerzas actuantes sobre el objeto, el empuje, la viscosidad y el peso del objeto. Teniendo en cuenta que las fuerzas son magnitudes vectoriales (presentan módulo, dirección y sentido) concluimos que la Fuerza Total bajo la cual se mueve el objeto dentro del fluido es la resultante:

$$\text{Peso} - (F_R + \text{Empuje}) = F_{total} \text{ (Véase figura 3)}$$

Relación entre la variación de temperatura y la viscosidad.

Santiago Armijos Arévalo

Dcp974 (003172-048)

Para que la esfera se mueva con un movimiento rectilíneo uniforme, tienen que equilibrarse el Peso y la suma de la Fuerza de rozamiento más el Empuje, luego tienen que ser iguales:

$$Peso = F_R(viscosidad) + Empuje$$

Objetivo e hipótesis:

Mi objetivo es observar el comportamiento de la velocidad de caída de un cuerpo en un fluido relacionándolo con la temperatura del fluido. En principio debería observar una proporcionalidad directa.

Conocimientos previos:

De aquí en adelante denominaré Viscosidad a la Fuerza de Rozamiento. Tengo que decir que los siguientes desarrollos matemáticos se hacen para ajustar los conocimientos fundamentales a intereses aplicables a mi experimentación, en la cual, el objeto que caerá por el fluido será una esfera.

Sabiendo que:

$$P = m \cdot g \quad \text{Viscosidad} = 6\pi \cdot r_e \cdot \eta \cdot v_{lim} \quad \text{Empuje} = V_e \cdot d_l \cdot g$$

En P ; m es la masa de la esfera, g es la gravedad. En la *Viscosidad*; r_e es el radio de la esfera, η es el índice de viscosidad del fluido y v_{lim} es la velocidad límite. En la fórmula del *Empuje*; V_e es el volumen de la esfera, d_l la densidad del líquido y g es la gravedad.

Siendo la masa: $m = V_e \cdot d_e = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_e^3 \cdot d_e$; donde r_e es el radio de la esfera y d_e su densidad. $V_e = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_e^3$

A continuación, sustituimos por estos valores en la fórmula de las Fuerzas:

$$\begin{aligned} \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_e^3 \cdot d_e \cdot g &= 6\pi \cdot r_e \cdot \eta \cdot v_{lim} + \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_e^3 \cdot d_l \cdot g = \\ &= \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_e^3 \cdot d_e \cdot g - \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_e^3 \cdot d_l \cdot g = 6\pi \cdot r_e \cdot \eta \cdot v_{lim} = \\ &= \frac{4}{3} \cdot r_e^3 \cdot g (d_e - d_l) = 6 \cdot r_e \cdot \eta \cdot v_{lim} \end{aligned}$$

Luego;

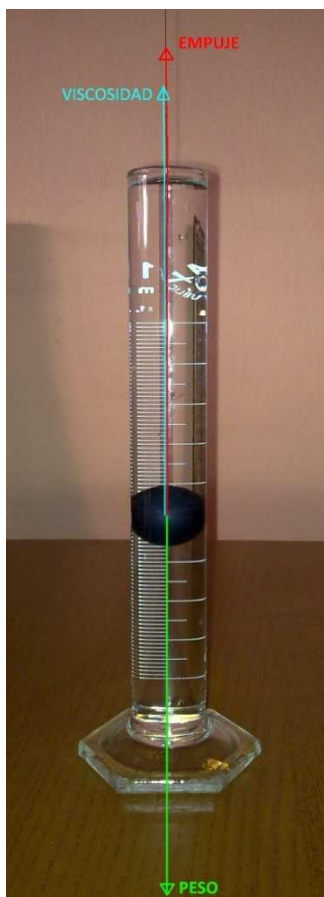
Relación entre la variación de temperatura y la viscosidad.

Santiago Armijos Arévalo

Dcp974 (003172-048)

$$v_{lim} = \frac{\frac{4}{3} \cdot r_e^3 \cdot g (d_e - d_l)}{6 \cdot r_e \cdot \eta} = \frac{2 \cdot r_e^2 \cdot g (d_e - d_l)}{9 \cdot \eta}$$

Por lo tanto, cuando el cuerpo alcance su velocidad máxima (velocidad límite) se moverá con un MRU (Movimiento rectilíneo uniforme). Luego si se produce alguna variación en esta velocidad límite, al ser inversamente proporcional al coeficiente de viscosidad, variaría también la viscosidad.



Dada la Teoría de la Dilatación Térmica, a mayor temperatura se dilatan, expanden, separan más las moléculas del fluido, por tanto, se oponen menos al movimiento de caída de la esfera. Por lo que, en principio, esperamos un aumento de la velocidad límite con cada incremento de temperatura al que sometamos al líquido.

Figura 3. Observamos el diagrama de fuerzas que actúan sobre una esfera que se desplaza en un fluido.

Fuente: *elaboración propia.*

Experimentación:

Para comprobar nuestra conjetura, realizaremos un experimento, para el cual utilizaremos el siguiente material:

- esfera (22,26 g.)
- hilo
- Probeta
- Vaso de precipitados
- Termómetro
- Metro
- Lavavajillas en gel

Lo que haré será observar la variación de la velocidad límite de una misma esfera dentro de un mismo fluido, a 5 temperaturas distintas. Previamente, divido la probeta que vamos a usar en diferentes secciones, a continuación la relleno de distintos fluidos y observo en que sección se comienza a estabilizar su velocidad de caída, esto significará que ya ha alcanzado su velocidad límite. Observo que, a temperatura ambiente (15º C), la velocidad de caída del objeto es bastante elevada, y difícilmente medible para ciertos fluidos (aceite, agua), apenas tengo longitud en el tubo de ensayo usado para obtener la velocidad límite del objeto a esta temperatura, y observo también que aumentando la temperatura del líquido hasta 30 º C, el objeto cae aceleradamente a lo largo de todo el tubo, es decir, no se estabiliza su velocidad. Es por ello que decido enfriar el líquido en vez de calentarlo y realizar mi experimentación con un solo líquido, el líquido lavavajillas.

Para mi experimentación primero relleno una probeta de gran capacidad con líquido lavavajillas, a continuación divido la probeta en distintos tramos de misma longitud (8cm.), suelto la esfera y tomo los tiempos que tarda en recorrer cada intervalo. Una vez este tiempo se haya estabilizado, puedo afirmar que el cuerpo se mueve sin aceleración y por tanto es un Movimiento Rectilíneo Uniforme (moviéndose con a su velocidad límite), pues si el tiempo permanece constante en dos tramos, en estos dos tramos se ha alcanzado la velocidad límite del líquido.

Tomare el tiempo que tarda en recorrer uno de los tramos, una vez que lo haga con MRU, a continuación vario la temperatura del líquido hasta 0º, 5º, 10º, 15º, 20º C y repito el procedimiento. Para cada temperatura tomo 6 medidas distintas, a fin de darle rigor a los datos. Para evitar errores en la temperatura después de cada toma reviso la temperatura del fluido, evitando así distorsiones en la misma.

Relación entre la variación de temperatura y la viscosidad.

Santiago Armijos Arévalo

Dcp974 (003172-048)

Posteriormente, con los datos obtenidos, calculo la velocidad límite de cada fluido a cada temperatura, a continuación elaboro varias graficas donde represento la velocidad límite en función de la temperatura, para observar en qué medida varía y determinar. Finalmente, cálculo con todos los datos obtenidos la viscosidad del fluido para cada temperatura y la comparo directamente con la temperatura.

Manejaré las siguientes variables:

- Controladas: las variables que controlaré serán tanto la distancia que recorrerá la esfera, como la masa de la bola, su radio y su volumen.
- Dependientes: la variable dependiente es la velocidad límite y la viscosidad.
- Independientes: las variables independientes son, tanto la temperatura como la naturaleza del fluido.

Pudiéndose dar dos posibilidades en cuanto a los resultados experimentales:

- A mayor temperatura: observo que a medida que aumento la temperatura, la velocidad límite aumenta, esto implicaría una reducción en la viscosidad (pues velocidad límite y viscosidad son inversamente proporcionales) siendo temperatura y viscosidad inversamente proporcionales.
- A menor temperatura: observo que a medida que aumento la temperatura, la velocidad límite se reduce, lo cual implicaría un aumento de viscosidad. En este caso, temperatura y viscosidad serían directamente proporcionales.



Figura 4. A la derecha, observamos la esfera cayendo en líquido lavavajillas.

Fuente: *elaboración propia.*

Relación entre la variación de temperatura y la viscosidad.

Santiago Armijos Arévalo

Dcp974 (003172-048)

Datos brutos:

Una vez realizada la práctica, obtengo los siguientes datos, recogidos en las siguientes tablas. El tiempo recogido es el utilizado por la esfera para recorrer una distancia de 0,08 m.:

Lavavajillas

	Temperatura (°C) ± 1	Tiempo (s) $\pm 0,01$
Toma 1	0	1,74
Toma 2	0	1,75
Toma 3	0	1,72
Toma 4	0	1,85
Toma 5	0	1,80
Toma 6	0	1,69

Lavavajillas

	Temperatura (°C) ± 1	Tiempo (s) $\pm 0,01$
Toma 1	5	1,63
Toma 2	5	1,72
Toma 3	5	1,60
Toma 4	5	1,73
Toma 5	5	1,72
Toma 6	5	1,56

Lavavajillas

	Temperatura (°C) ± 1	Tiempo (s) $\pm 0,01$
Toma 1	10	1,66
Toma 2	10	1,33
Toma 3	10	1,44
Toma 4	10	1,41
Toma 5	10	1,50
Toma 6	10	1,44

Relación entre la variación de temperatura y la viscosidad.

Santiago Armijos Arévalo

Dcp974 (003172-048)

Lavavajillas

	Temperatura (°C) ± 1	Tiempo (s) ± 0,01
Toma 1	15	1,25
Toma 2	15	1,12
Toma 3	15	1,13
Toma 4	15	1,18
Toma 5	15	1,04
Toma 6	15	1,11

Lavavajillas

	Temperatura (°C) ± 1	Tiempo (s) ± 0,01
Toma 1	20	1,01
Toma 2	20	0,91
Toma 3	20	0,95
Toma 4	20	1,08
Toma 5	20	1,10
Toma 6	20	0,90

Procesamiento de datos brutos:

He tenido en cuenta las incertidumbres de los aparatos de medida, para calcular los posibles errores arrastrados de la toma de datos. A continuación, obtendré el tiempo medio para cada temperatura; 0°, 5°, 10°, 15° y 20° C.

El error absoluto medio que obtengo al hacer la media lo obtengo haciendo la media aritmética de todos los errores, es decir, para la primera medida, 0°:

$$T_m = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6}{6} = \frac{1,74 + 1,75 + 1,72 + 1,85 + 1,80 + 1,69}{6} = 1,76 \pm E_a$$

$$E_a = \frac{E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6}{6} = \frac{0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,01}{6} = 0,01$$

Este será el procedimiento que realizaré para obtener los errores en todas las demás medias aritméticas de las demás medidas, para las demás temperaturas.

Relación entre la variación de temperatura y la viscosidad.

Santiago Armijos Arévalo

Dcp974 (003172-048)

Una vez realizados los cálculos anteriores, y procesados los errores relativos que corresponden a cada uno, como se ejemplificó anteriormente, obtengo la siguiente tabla de tiempos medios:

Lavavajillas (0° C)

Tiempo medio:	1,76 ± 0,01 m/s
---------------	-----------------

Lavavajillas (5° C)

Tiempo medio:	1,66 ± 0,01 m/s
---------------	-----------------

Lavavajillas (10° C)

Tiempo medio:	1,46 ± 0,01 m/s
---------------	-----------------

Lavavajillas (15° C)

Tiempo medio:	1,14 ± 0,01 m/s
---------------	-----------------

Lavavajillas (20° C)

Tiempo medio:	0,99 ± 0,01 m/s
---------------	-----------------

Ahora, sabiendo que el intervalo en que medimos los tiempos era de 8 cm (0,08 m.) Medidos con una cinta métrica de error ± 0,01 m. obtengo la velocidad límite a la cual la esfera descendió en el fluido líquido a cada temperatura.

Para ello, teniendo en cuenta que la velocidad viene dada por:

$$V = \frac{e}{t}$$

Donde e , es el espacio recorrido y t , es el tiempo que tarda en recorrer dicho espacio.

Para la primera toma, a 0° C:

$$V = \frac{e}{t} = \frac{0,08}{1,76} = 0,045 \text{ m/s} \pm E_a$$

Relación entre la variación de temperatura y la viscosidad.

Santiago Armijos Arévalo

Dcp974 (003172-048)

Para su error absoluto (E_a):

$$E_{r(V)} = E_{r(e)} + E_{r(t)}; \frac{E_{a(V)}}{V} = \frac{E_{a(e)}}{e} + \frac{E_{a(t)}}{t}; E_{a(V)} = V \cdot \left(\frac{E_{a(e)}}{e} + \frac{E_{a(t)}}{t} \right)$$

$$E_{a(V)} = V \cdot \left(\frac{E_{a(e)}}{e} + \frac{E_{a(t)}}{t} \right) = 0,045 \cdot \left(\frac{0,01}{0,08} + \frac{0,01}{1,76} \right) \approx 0,006.$$

Luego, a 0° C. nos encontramos con la siguiente velocidad (expresada junto a su error):

$$V = 0,045 \pm 0,006 \text{ m/s}$$

Realizando el mismo procedimiento para cada temperatura obtengo:

Lavavajillas (5° C)

Velocidad límite	0,048 ± 0,006 m/s
------------------	-------------------

Lavavajillas (10° C)

Velocidad límite	0,055 ± 0,007 m/s
------------------	-------------------

Lavavajillas (15° C)

Velocidad límite	0,077 ± 0,009 m/s
------------------	-------------------

Lavavajillas (20° C)

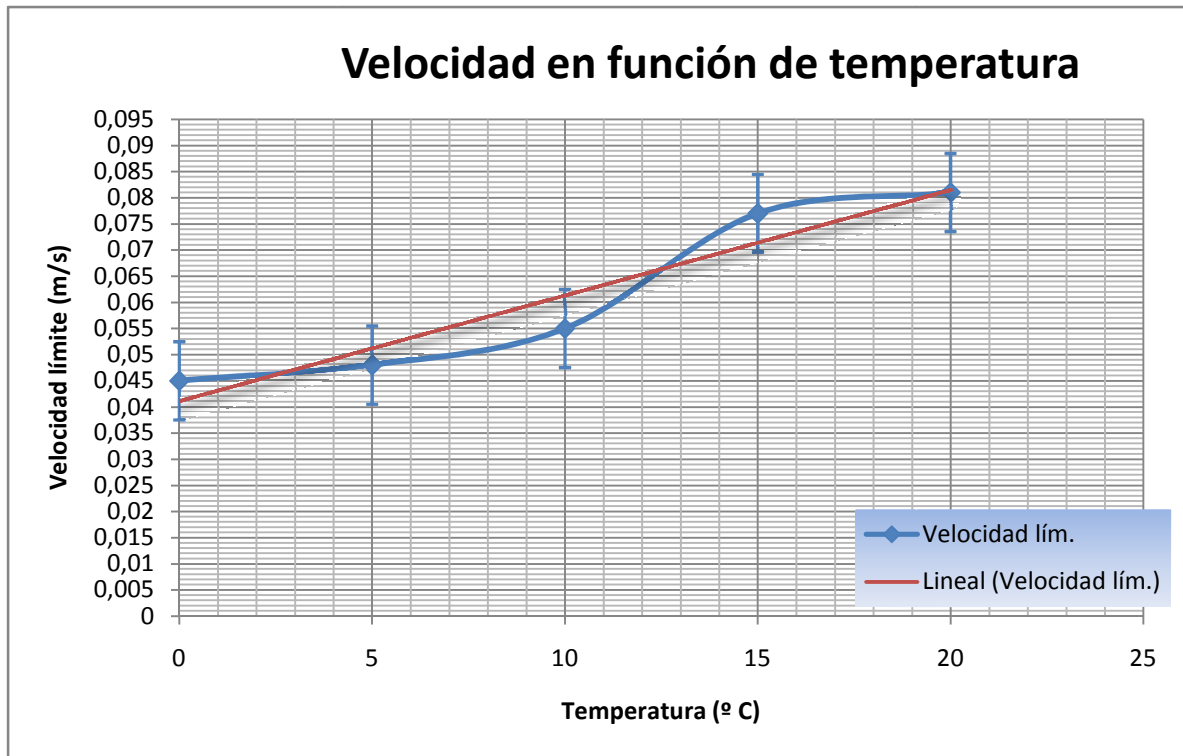
Velocidad límite	0,081 ± 0,011 m/s
------------------	-------------------

Relación entre la variación de temperatura y la viscosidad.

Santiago Armijos Arévalo

Dcp974 (003172-048)

Representando las velocidades límites obtenidas en el apartado anterior sobre una gráfica, expresándolas en función de la temperatura obtengo:



Como se puede apreciar, la temperatura es, en principio, directamente proporcional, hay que destacar que aunque realice varios “amagos de curva”, hay que tener en cuenta los errores en la medición de la velocidad límite a mayor temperatura, pues la esfera caía con mucha mayor velocidad (imposibilitando, junto a la difracción, su buena apreciación) aparte de otra serie de contratiempos los cuales recogeré al final de este informe.

Conociendo la velocidad límite a cada temperatura, puedo afirmar con rotundidad, que a medida que la temperatura ha variado, lo ha hecho su viscosidad, puesto que los demás factores que influyen en esta se han mantenido constantes (radio de la esfera, densidad del líquido, densidad de la esfera);

Relación entre la variación de temperatura y la viscosidad.

Santiago Armijos Arévalo

Dcp974 (003172-048)

$$v_{lim} = \frac{2 \cdot r_e^2 \cdot g (d_e - d_l)}{9 \cdot \eta}; \quad \eta = \frac{2 \cdot r_e^2 \cdot g (d_e - d_l)}{9 \cdot v_{lim}}$$

Donde r_e es el radio de la esfera, medido en metros; en nuestro caso $0,0124 \pm 0,0001$ m. g es la gravedad que actúa en la tierra, $9,8 \text{ m/s}^2$. d_e es la densidad de la esfera (m/V); y d_l del líquido (Kg/l).

Obtendré, a fin de calcular la viscosidad del líquido a cada temperatura, el Volumen de la esfera ($V_e = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_e^3$); su densidad ($d_e = m/V_e$) y la densidad del líquido lavavajillas:

- Para el volumen de la esfera solo necesito el radio, el cual obtengo con un calibre pie de rey, $0,0124 \pm 0,001$ m. Ahora calculo el volumen de la esfera:

$$V_e = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_e^3; \quad V_e = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 0,0124^3 = 8 \cdot 10^{-6} \pm E_a \text{ L}$$

Para su error absoluto:

$$E_a = 8 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot E_{r(r)} = 8 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot \frac{0,001}{0,0124} = 1,3 \cdot 10^{-6}$$

Luego:

$$V_e = 8 \cdot 10^{-6} \pm 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ L}$$

-Para la densidad de la esfera, una vez obtenido su volumen y conociendo su masa ($0,02226 \pm 0,00001 \text{ Kg}$). Obtenemos la densidad de la esfera:

$$d_e = \frac{m}{V_e}; \quad d_e = \frac{0,02226}{8 \cdot 10^{-6}} = 2,78 \pm E_a \text{ Kg/L}$$

Para su error absoluto:

$$E_{r(d_e)} = E_{r(m)} + E_{r(V_e)}; \quad \frac{E_{a(d_e)}}{d_e} = \frac{E_{a(m)}}{m} + \frac{E_{a(V_e)}}{V_e}; \quad E_{a(d_e)} = d_e \cdot \left(\frac{E_{a(m)}}{m} + \frac{E_{a(V_e)}}{V_e} \right)$$

$$E_{a(d_e)} = d_e \cdot \left(\frac{E_{a(m)}}{m} + \frac{E_{a(V_e)}}{V_e} \right) = 2,78 \cdot \left(\frac{0,00001}{0,02226} + \frac{1,3 \cdot 10^{-6}}{8 \cdot 10^{-6}} \right) \approx 0,45.$$

Luego:

$$d_e = 2,78 \pm 0,45 \text{ Kg/L}$$

Relación entre la variación de temperatura y la viscosidad.

Santiago Armijos Arévalo

Dcp974 (003172-048)

-Para la densidad del líquido, primero ponemos un vaso de precipitados (graduado, con una capacidad de 1L y un error de $\pm 0,1$) sobre la balanza, a continuación ponemos ese peso como "0". Después añadimos una cantidad de 1 L. en este cristallizador, una vez que sepamos el peso de 1 Litro de lavavajillas ($1,17120 \pm 0,00001$ Kg.) Calculamos la densidad:

$$d_l = \frac{m}{V_l}; \quad d_l = \frac{1,17120}{1} = 1,17120 \pm E_a \text{ Kg/L}$$

Para su error absoluto:

$$E_{r(d_l)} = E_{r(m)} + E_{r(V_l)}; \quad \frac{E_{a(d_l)}}{d_l} = \frac{E_{a(m)}}{m} + \frac{E_{a(V_l)}}{V_l}; \quad E_{a(d_l)} = d_l \cdot \left(\frac{E_{a(m)}}{m} + \frac{E_{a(V_l)}}{V_l} \right)$$

$$E_{a(d_l)} = d_l \cdot \left(\frac{E_{a(m)}}{m} + \frac{E_{a(V_l)}}{V_l} \right) = 1,17120 \cdot \left(\frac{0,00001}{1,17120} + \frac{0,1}{1} \right) \approx 0,11713.$$

Luego:

$$d_l = 1,17120 \pm 0,11713 \text{ Kg/L}$$

Sustituyendo estos datos en la fórmula de la viscosidad obtengo, para la primera toma a 0 °C:

$$\eta = \frac{2 \cdot r_e^2 \cdot g (d_e - d_l)}{9 \cdot v_{lim}}$$

$$\eta = \frac{2 \cdot 0,0124^2 \cdot 9,8 (2,78 - 1,1712)}{9 \cdot 0,045} = 0,01198 \pm E_a \text{ Kg/m} \cdot s$$

$$E_{r(\eta)} = 2E_{a(r)} + E_{r(v)} + E_{r(d_e - d_l)}; \quad \frac{E_{a(\eta)}}{\eta} = \frac{2E_{a(r)}}{r^2} + \frac{E_{a(v)}}{v} + \frac{E_{a(d_e - d_l)}}{d_e - d_l}; \quad E_{a(\eta)}$$
$$= \eta \cdot \left(\frac{2E_{a(r)}}{r^2} + \frac{E_{a(v)}}{v} + \frac{E_{a(d_e - d_l)}}{d_e - d_l} \right)$$

$$E_{a(\eta)} = \eta \cdot \left(\frac{2E_{a(r)}}{r} + \frac{E_{a(v)}}{v} + \frac{E_{a(d_e - d_l)}}{d_e - d_l} \right) = 0,01198 \cdot \left(\frac{2 \cdot 0,001}{0,0124} + \frac{0,006}{0,045} + \frac{0,45}{1,61} \right) = 0,007.$$

Luego:

$$\eta = 0,01198 \pm 0,007 \text{ Kg/m} \cdot s$$

Relación entre la variación de temperatura y la viscosidad.

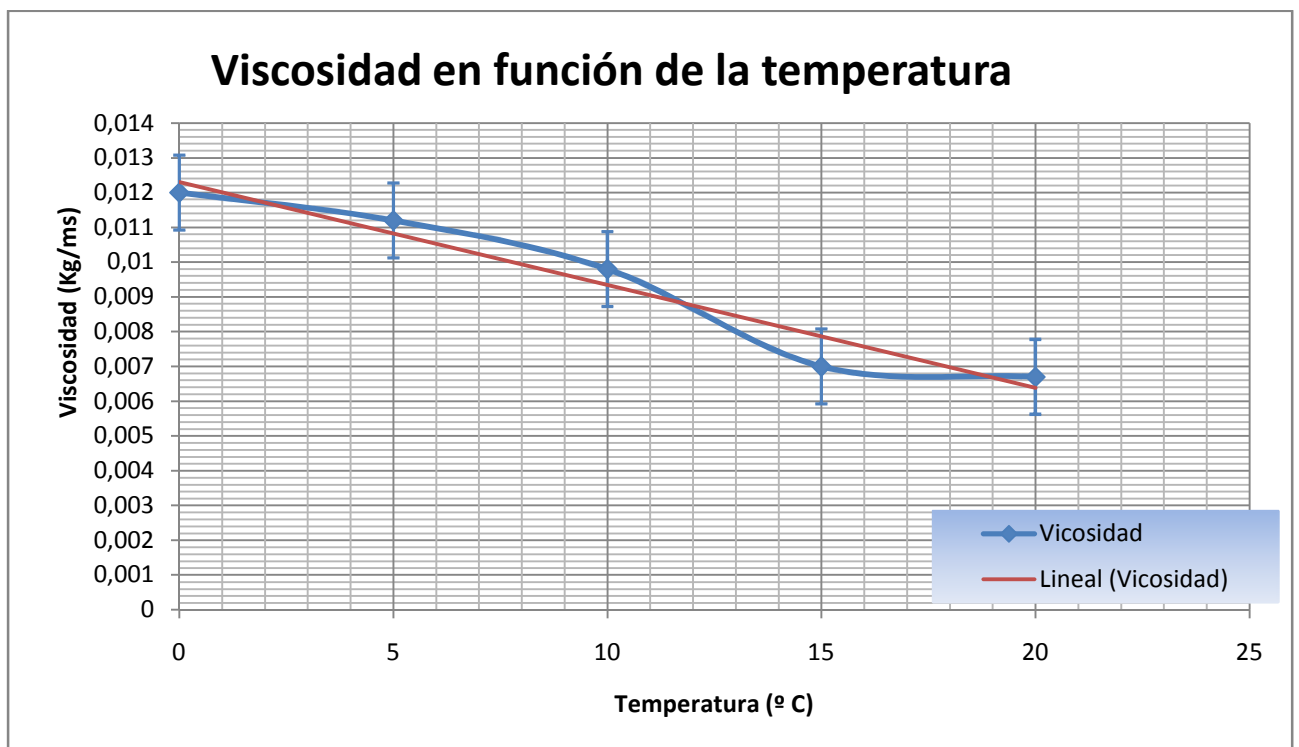
Santiago Armijos Arévalo

Dcp974 (003172-048)

Realizando el mismo procedimiento con todas las medidas, finalmente obtengo la siguiente tabla:

	Viscosidad (Kg/ms)
Lavavajillas (0º C)	0,0142 ± 0,007
Lavavajillas (5º C)	0,0134 ± 0,006
Lavavajillas (10º C)	0,0117 ± 0,006
Lavavajillas (15º C)	0,0083 ± 0,004
Lavavajillas (20º C)	0,0079 ± 0,004

Observamos viscosidades bastante pequeñas, para apreciarlas mejor obtenemos una gráfica viscosidad/temperatura:



Apreciamos en esta última gráfica una proporción indirecta, pues a medida que la temperatura aumenta, la viscosidad disminuye. Es opuesta a la gráfica primera, pues, como conjeturaba al principio, hemos podido observar una proporción directa entre velocidad y temperatura e indirecta entre viscosidad y temperatura.

Conclusiones:

Puedo, apoyándome en la experiencia, afirmar que la viscosidad aumenta en función de la temperatura. Debido al error en alguna medida (15°C), es difícil afirmar con rotundidad si la relación entre velocidad límite y temperatura es exponencial o lineal, aunque tiende más a ser lineal. En la obtención de datos se pudieron haber podido cometer múltiples errores, entre ellos destacamos:

- Errores sistemáticos: se pudo haber cometido este tipo de error en caso de una mala calibración de nuestros instrumentos de medida, como por ejemplo en nuestra cinta métrica, pues podría mostrar medidas defectuosas en el caso de un gran desgaste en su punta.
- Errores personales: estos errores se pudieron haber producido por fallas humanas, como en el momento de iniciar el cronometro cuando la esfera pasaba por la primera marca, hay que tener en cuenta que la viscosidad del liquido y la difracción de la luz al atravesar los distintos medios (aire, probeta y fluido) que distorsionaba nuestra imagen de la esfera, por lo que no se apreciaba con exactitud el momento en que la esfera atravesaba la marca. También hay que tener en cuenta que a temperaturas más altas, la bola caía más rápido, por ello se hacía más dificultosa la tarea del cronometraje.
- Errores accidentales: como errores de juicio a la hora de determinar la temperatura en el termómetro sobre todo. También la variación de temperatura ambiental (pudo haber variado entre 1 o 2°C) puede afectar a nuestra experiencia, como apreciamos en la medida a 20° del lavavajillas, pues la variación de temperatura pudo provocar un incremento o disminución en la viscosidad, que a su vez afecto a la velocidad de caída dándonos datos menos fiables.

Estos errores han sido considerados a la hora del cálculo, aunque tampoco influyen demasiado en nuestras conclusiones, pues la velocidad variaría, de haberse cometido un error, en un decimal de la velocidad total obtenida. Pues, por ejemplo, a 0° , la velocidad es de $0,045\text{m/s}$ y el error posible es de $0,003\text{ m/s}$; algo bastante despreciable.

A su vez, hay que decir que hemos encontrado limitaciones varias en nuestra práctica, como la imposibilidad de adquirir una probeta de mayor longitud que la nuestra, barajé la posibilidad de comprar un tubo plástico largo, pero surgió otro problema, económico: se necesita más dinero para comprar un tubo mas largo y llenarlo puede ser demasiado caro.

Por ello opte disminuir la temperatura, también intenté realizarlo con otros líquidos, como aceite, agua, incluso miel, pero dada la baja viscosidad de los dos primeros productos, no podía obtener su velocidad límite valiéndome de los recursos disponibles, y dado el alto precio del tercero, y teniendo en cuenta que es un producto no reutilizable, tuve que descartarlo.

Bibliografía

-*Mecánica de fluidos*, García Marito A., 2006.

-*Fundamentos y aplicaciones de la mecánica de fluidos*, Barrero Ripoll Antonio / Pérez-Saloid Sánchez-Pastos Miguel, 2005.

- *Física*, Gilbert Briansó Miguel/ Hernández Neira José Luis, Grupo Editorial Bruño, 2009.